

SOBRE LA ADECUACIÓN NEUROLÓGICA DE LOS ESQUEMAS SINTÁCTICO-SEMÁNTICOS

Ángel López García

UNIVERSIDAD DE VALENCIA

RESUMEN

Las teorías lingüísticas no sólo deben justificarse con criterios de verdad, también deberían preocuparse por su verosimilitud, pues la ciencia es una actividad social. En el trabajo se examina la teoría de los esquemas sintáctico-semánticos desde la perspectiva de su adecuación neurológica.

Palabras clave: ESQUEMAS SINTÁCTICO-SEMÁNTICOS, NEUROLOGÍA, REDES DE MUNDO PEQUEÑO, PENSAMIENTO EXPLICITADO.

Es cosa bien sabida que el Prof. Dr. Valerio Báez San José, a quien homenajeamos aquí, fue el introductor en España de la teoría praguense de los esquemas sintáctico-semánticos y que sus numerosas contribuciones a la misma la han pulido y hecho avanzar de manera considerable. En su camino se ha encontrado con algunos oponentes encarnizados y, demasiado a menudo, con el silencio, no por cortés, menos irritante. Esto es típico de la pereza intelectual española y no debería sorprendernos. Al fin y al cabo, si para la comunidad científica el primero que hizo tipología lingüística fue Wilhelm von Humboldt y el primero que elaboró un método para enseñar el

lenguaje a los sordomudos fue el abbée de l'Epée, con manifiesta injusticia para Lorenzo Hervás y para Juan Pablo Bonet respectivamente, tampoco debería extrañar a nadie que a nuestro autor se le haya ninguneado de manera sistemática.

Se me podría objetar que las pruebas textuales ofrecidas por Báez (2002, 2007a, 2007b) en apoyo de su planteamiento son abrumadoras y que la evidencia acabará por imponerse. Así sucede, en efecto, en todas las ciencias serias: Darwin revolucionó la Biología porque los testimonios recogidos en su viaje del Beagle avalaban el evolucionismo sin discusión; Lavoisier cambió de raíz la Química porque su modelo integraba de forma elegante todos los hechos conocidos. El problema es que la Lingüística, aun jactándose de su condición científica, no se comporta como tal. En el estado actual de la ciencia del lenguaje lo que predomina son los comportamientos sectarios, ligados a menudo a la primacía del inglés como lengua objeto de estudio y a la del mundo anglosajón como referencia académica indiscutible.

Ciertamente, están los textos, que son nuestros hechos. Las predicciones que se ajusten a un corpus serán acertadas, las que no, habrá que desecharlas. Por desgracia, una característica de la Lingüística, que no se da en ninguna otra disciplina, es que el investigador puede fabricar –y de hecho fabrica– sus propios hechos. ¿Qué sería de la Biología si el biólogo pudiese crear a voluntad una criatura de su conveniencia, digamos un animal que, como la mitológica arpía, estuviese entre los humanos y las aves? ¿Qué pensaríamos de una Química que decidiese que en algún planeta por descubrir existen elementos con triple número de protones que de electrones? Bueno, pues esto es exactamente lo que hacen los lingüistas. Se sientan en una mecedora, cierran los ojos mientras se imaginan una secuencia alambicada como, por ejemplo, *los niños que tuvo el vecino que te presenté en el cine al que fui con la chica que es amiga de la prima que conocimos en el viaje al que me invitó mi tío que trabaja en el circo que tanto te gusta* y, ya está, ¡eureka!, acabamos de descubrir la recursividad, lo cual nos permite formular la ley de que una lengua es un procedimiento para crear cadenas infinitas con medios finitos. Curiosamente ningún genetista ha dicho nunca que el código genético es un procedimiento para crear genomas infinitos con tan sólo cuatro nucleótidos.

El problema del lingüista es que, al ser estudioso y usuario del lenguaje a la vez, sólo puede separar el metalenguaje del lenguaje objeto como procedimiento metodológico, pero no puede evitar que en la práctica interfieran con frecuencia. Hace treinta años, cuando el profesor Báez y yo fuimos compañeros de Departamento, llamé a este problema la *paradoja de la frontera* (López García, 1980, cap. 2) y recientemente me he ocupado de su fundamento neurológico (López García, 2007): pienso que seguimos sin haberla resuelto porque no deja de ser una manifestación de la condición humana, de la peculiar grandeza de ese animal que tiene conciencia de sí mismo. Las discusiones que Báez y yo hemos mantenido infinidad de veces siempre versaron sobre lo mismo: para él los esquemas sintáctico-semánticos constituyen un paradigma cerrado, para mí, parecen el producto de una combinatoria abierta. Es verdad que Báez ha aportado una cantidad impresionante de textos que avalan su punto de vista. El problema, precisamente porque queremos que la Lingüística sea una ciencia, es que un solo testimonio en contra es suficiente para dar al traste con cualquier ley. Es lo que Karl Popper llamaba la falsabilidad (Popper, 1962, ch. 4). Si la ley de Ohm dejara de cumplirse una sola vez, sería falsa. Por la misma razón, si un esquema sintáctico-semántico fuese considerado inaceptable por un solo hablante nativo, deberíamos excluirlo de nuestro listado. Desgraciadamente, esto siempre ocurrirá, pues la práctica del trabajo de campo pone de manifiesto la volubilidad de los informantes, los cuales, en los casos límites, vacilan y a menudo aceptan por la tarde lo que a la mañana siguiente les parece inaceptable o viceversa. Esto significa que un tratamiento distribucional de los esquemas sintáctico-semánticos siempre será más agradecido que el rigorismo praguense postulado por Báez y, en el fondo, el éxito de público y crítica que ha alcanzado la gramática formal¹, frente a la notoria soledad académica de la escuela de Praga, es debida a ello.

¿Debemos conformarnos pensando que la Lingüística –como la Historia o como la Psicología– nunca dejará de ser una ciencia inductiva, ligada a las generalizaciones de un corpus y sometida permanentemente a la incertidumbre de que las ampliaciones de dicho corpus pueden resultar en

1. Hoy día los generativistas se cuidan muy mucho de airear su dependencia del distribucionalismo, pero, les guste o no, Chomsky partió de las transformaciones de Harris.

modificaciones nomotéticas? Si así fuese, no se trataría de una ciencia hipotético-deductiva, como las naturales, sino de una ciencia social, algo que suscribirían muchos colegas, pero que no ha sido el planteamiento epistemológico de Báez (ni tampoco, por cierto, el del autor de estas líneas). Pienso que la demostración de que se trata de una ciencia hipotético-deductiva y de que, por lo tanto, los esquemas sintáctico-semánticos son leyes formativas de obligado cumplimiento, está hoy por hoy fuera de nuestro alcance. Sin embargo, sí que podemos acercarnos a dicha formulación planteándonos la cuestión de su verosimilitud. Se suele desdeñar la cuestión de la verosimilitud de las teorías lingüísticas alegando que depende de factores que nada tienen que ver con la ciencia. No es lo mismo *verosímil* que *verdadero*. Según el DRAE, *verosímil* (s. v.) vale por “que tiene apariencia de verdadero”. En otras palabras, que la verosimilitud tiene un carácter social, no es sólo una propiedad de la cosa, sino también del tratamiento que la sociedad (en este caso, la comunidad científica) dispensa a la cosa. Ello prestaría a la verosimilitud un carácter vergonzante y adventicio que el científico supuestamente debe despreciar.

Pues bien: a mi entender este es un planteamiento equivocado. Una teoría científica, si no es verdadera, simplemente no será científica, pero si resulta poco verosímil, tendrá pocos seguidores y será incapaz de imponerse a otros paradigmas. La veracidad es, pues, una condición necesaria de la ciencia, mas no llega a ser una condición suficiente. En relación con la teoría de los esquemas sintáctico-semánticos hay que decir que puede que sea verdadera, pero que hasta ahora su escasa aceptación se debe a que a muchos no les resulta verosímil. De hecho, otras hipótesis alternativas han merecido el aplauso de los lingüistas a pesar de que su justificación, en un contexto en el que hemos terminado por acostumbrarnos a que sus planteamientos cambien cada pocos años, sea más bien escasa. Y es que a priori una teoría que se presenta como un esquema cerrado donde los nuevos practicantes tienen escaso margen para las innovaciones les ofrece pocos atractivos, sobre todo una vez que los distintos fenómenos de la sintaxis hayan sido investigados (Báez, 2002, 2007a, 2007b, Báez, Loma-Osorio, Fernández, 2009). Es como un diccionario: al llegar a la Z parece que ya no haya mucho más que hacer. En cambio, un modelo que obliga a sus practicantes a aprender la nueva configuración del mismo cada poco tiempo,

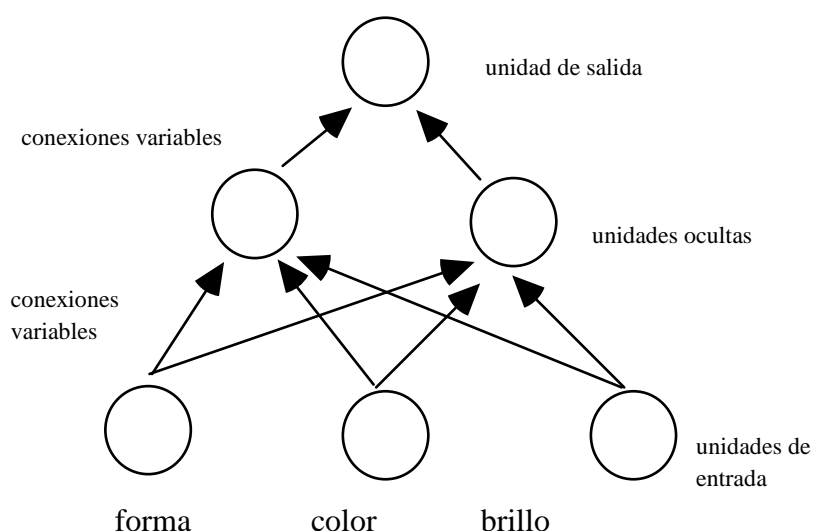
tiene la virtud de mantenerlos activos y, lo que es más importante, les está ofreciendo continuamente la oportunidad de contribuir al desarrollo del mismo haciéndoles creer que la versión última engloba la precedente y que su desarrollo remeda el de las ciencias duras.

Sorprende que la teoría de los esquemas sintáctico-semánticos no se haya planteado nunca la cuestión de su adecuación neurológica en aras de mejorar su verosimilitud. Hasta hace muy poco todo lo que podíamos decir sobre la realidad mental que subyace al lenguaje era pura elucubración, ingeniosa en ocasiones (por ejemplo, Monneret, 2003, dentro de la psicomecánica), pero elucubración al fin. Ese mecanismo de caja negra que constituye el cerebro nos estaba vedado a la investigación por obvias razones éticas, de manera que la única parte de la Neurolingüística que se había desarrollado era el estudio de las patologías del lenguaje, ya desde que en el siglo XIX Paul Broca y Karl Wernicke descubrieron las áreas respectivas del cerebro a las que dan nombre. Pero en este punto conviene hacer una advertencia metodológica: los médicos establecen las cifras anómalas de las constantes vitales por relación a las cifras de los pacientes sanos, nunca al revés. Esto quiere decir que 22 de tensión arterial es una cifra preocupante porque lo normal es tener 7 de baja y 12 de alta, de lo contrario no lo sería. De ahí que todo intento de inferir cómo funciona el lenguaje a partir de las secuencias deterioradas de los afásicos o de los pacientes de síndrome de Williams es una trampa metodológica. Lo que sucede en el cerebro cuando hablamos sólo lo hemos empezado a entender desde hace un par de décadas, cuando las técnicas de neuroimagen (resonancia magnética, tomografía de emisión de protones, electroencefalograma) nos permiten obtener en tiempo real imágenes del grado de estimulación eléctrica de distintas áreas del cerebro de la persona que está hablando o escuchando.

Antiguamente se daba por supuesto que los conceptos se albergan en compartimentos de la memoria, en alguna parte del cerebro. Pero ahora nos preguntamos cómo es esto posible. Los estudios llevados a cabo con distintos animales sobre percepción sensorial ponen de manifiesto que el cerebro trabaja en paralelo, esto es, que los elementos de la realidad son analizados simultáneamente en varios aspectos (formas, colores, tamaños, etc., en la percepción visual) y que el resultado de esta red neuronal compleja es lo que solemos llamar una idea (en la visión, una imagen

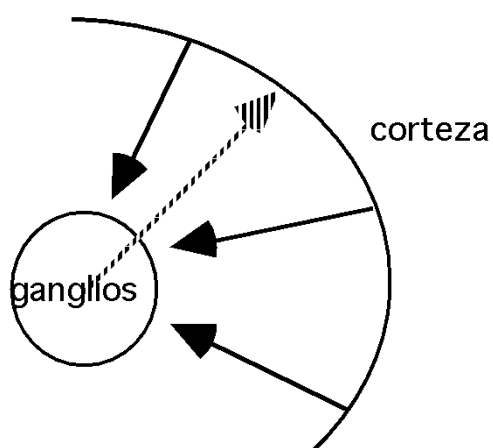
mental): la idea de roble (estoy viendo un roble) sería, pues, la suma de la visión del tronco, de las hojas, del rumor de la brisa entre las ramas, del olor a campo, etc. Pero el punto de inicio del proceso es semasiológico, es la realidad externa, los rayos de luz que refleja la superficie de un roble real, los que conducen a nuestro cerebro (y también al de un animal) a comportarse de determinada manera.

Rumelhart *et alii* (1986) han explicado cómo procede el sistema nervioso en estos casos. Las células nerviosas de entrada son excitadas por estímulos diversos y disparan a través de conexiones variables hasta las células nerviosas intermedias (ocultas). La variabilidad de las conexiones obedece al hecho de que cada conexión requiere un cierto nivel de excitación, pero este tiene un peso variable y es modificable, de forma que las conexiones que transmiten señales con más frecuencia alcanzan valores de conducción más elevados. La memoria del sistema neural es, en un momento dado, la matriz completa de sus pesos. En la fase siguiente el proceso se repite y la excitación se transmite desde las unidades ocultas hasta la unidad de salida, si bien dichas unidades ocultas le permiten a la red desarrollar una representación interna:



Esto ocurre también en los circuitos semasiológicos del lenguaje. Algunas investigaciones neurológicas llevadas a cabo recientemente han puesto de manifiesto que la activación de un concepto supone la activación de los rasgos perceptivos correspondientes a su referente y al mismo tiempo la activación del patrón fónico de la palabra correspondiente en la memoria. Así, los datos de Martin *et alii* (1995) obtenidos por tomografía de emisión de positrones muestran que el córtex motor primario, el cual interviene en la manipulación de objetos, es activado cuando pensamos en el nombre de un instrumento que se maneja con la mano, como un *cuchillo* o un *lápiz*, patrón fónico que a su vez activa el área de Broca. Por otro lado, cuando los sujetos del experimento piensan en el nombre de un animal, junto al área de Broca se activa el lóbulo occipital, que es el asiento de la percepción visual.

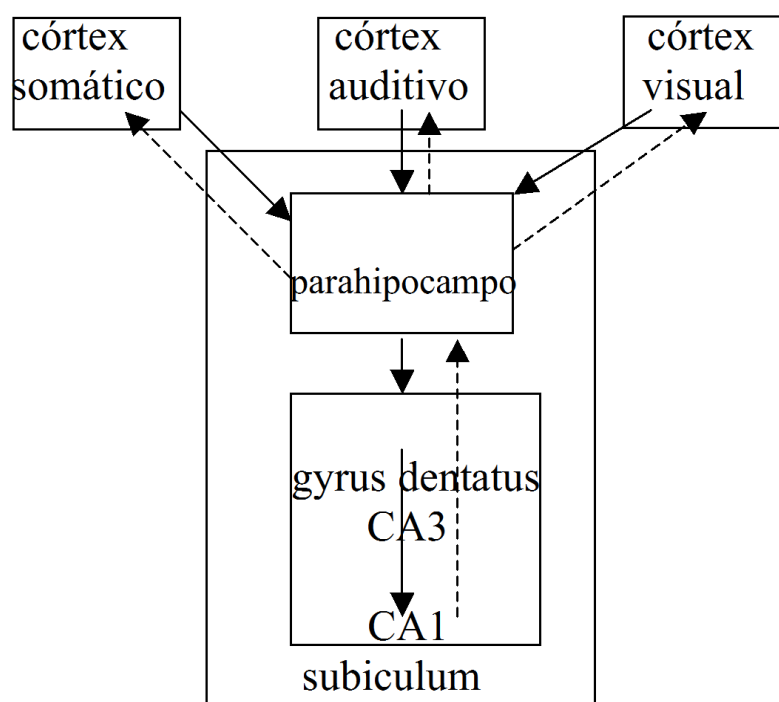
Las dificultades se plantean cuando comenzamos en la onomasiología, esto es, en las unidades ocultas que sostienen lo que llamamos la idea. Evidentemente el punto de partida onomasiológico excluye la percepción del mundo como fuente de entrada y supone un acceso directo a compartimentos mnemotécnicos. ¿En qué parte del cerebro se aloja la memoria? En varias a la vez, pero –y esto es importante tenerlo presente– fundamentalmente en la zona de los ganglios basales situada en el interior del cerebro (Dudai, 1989): las memorias de procedimiento (cómo hacer algo: montar en bicicleta, descorchar una botella, etc.) se ubican en el cerebelo y en el putamen; las memorias episódicas (el recuerdo de experiencias pasadas) se ubican en el hipocampo; las memorias consuetudinarias (costumbres arraigadas) se ubican en el núcleo caudado; las memorias traumáticas (fobias) se ubican en la amígdala. Tan sólo la memoria semántica a largo plazo se localiza en la zona cortical, pero a instancias de los ganglios basales que son los que elaboraron los datos de la corteza hasta darles consistencia y capacidad recurrente (Mesulam, 1990):



La consecuencia de lo anterior es que la memoria léxica, aunque cortical, debe organizarse conforme al patrón estructural que le marcan los ganglios basales y, en general, las zonas subcorticales. Estas estructuras cerebrales, además de intervenir en el almacenamiento, lo que hacen es organizar la secuenciación automática de acciones y, con ella, la sintaxis. Por eso los pacientes de Parkinson, los cuales suelen tener afectadas las estructuras subcorticales, presentan frecuentemente interrupciones e interferencias en la producción y en la comprensión de la sintaxis (Natsopoulos *et alii*, 1993).

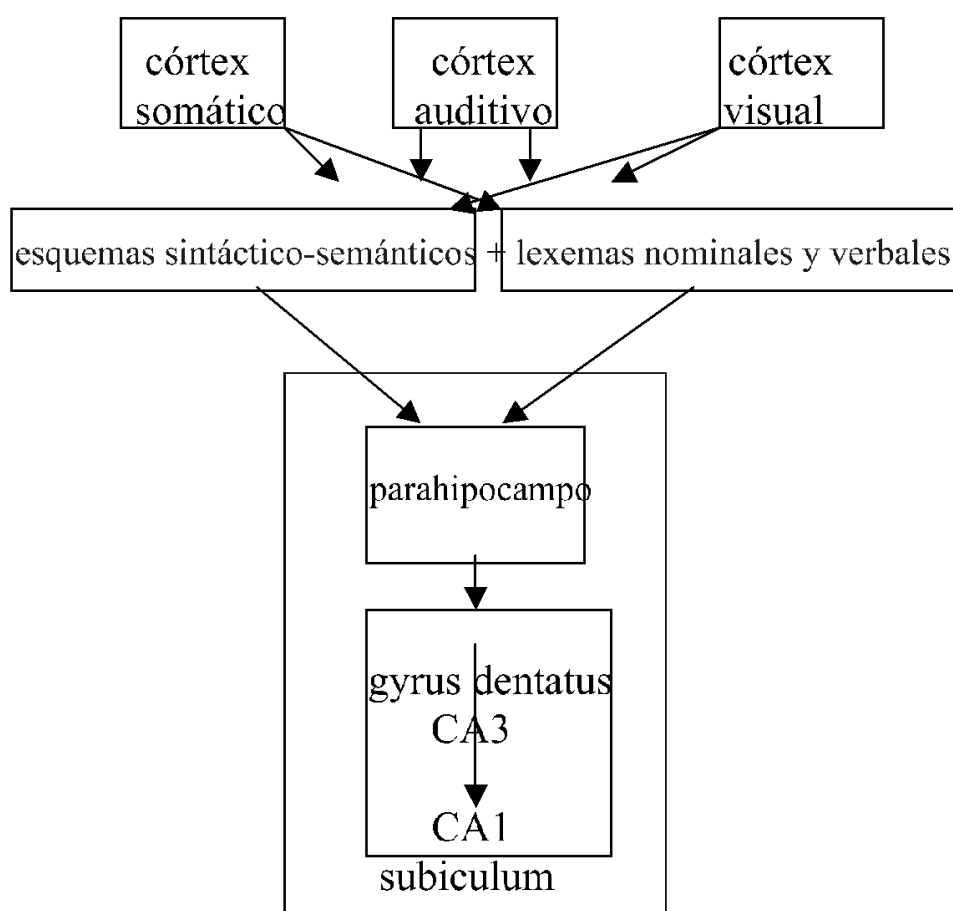
La consecuencia de lo anterior por lo que respecta al cotejo de los esquemas sintáctico-semánticos praguenses frente a las estructuras oracionales obtenidas mediante algún sistema de reglas combinatorias de la gramática formal es que las segundas son muy poco verosímiles, pues la extracción de patrones sintácticos y su ulterior manipulación recuerdan mucho más a los mecanismos automatizados que hemos aprendido en nuestra infancia (abrir una puerta, batir un huevo, tomar el lápiz y escribir, etc.), los cuales se ubican en el sistema límbico, que a la creación libre típica de los términos léxicos y en general de las imágenes sensoriales. Esta es la razón por la que en un trabajo reciente (López García, 2010a) proponía para dichos esquemas una ubicación subcortical. Los circuitos nerviosos de la memoria explícita se conocen bastante bien (Suzuki & Amaral, 1994). El hipocampo y el parahipocampo constituyen el sistema mnémico del lóbulo temporal medio, el cual pertenece al sistema límbico y, como tal, no forma

parte del neocórtex. El parahipocampo o córtex rinal integra impulsos multifuncionales (visuales, acústicos y somáticos) llevando una señal única hasta el hipocampo donde es reelaborada por tres estratos sucesivos (el gyrus dentatus, CA3 y CA1) hasta llegar al subiculum, que reexpide la señal otra vez hacia la zona del parahipocampo y de aquí al neocórtex (LeDoux, 2002):



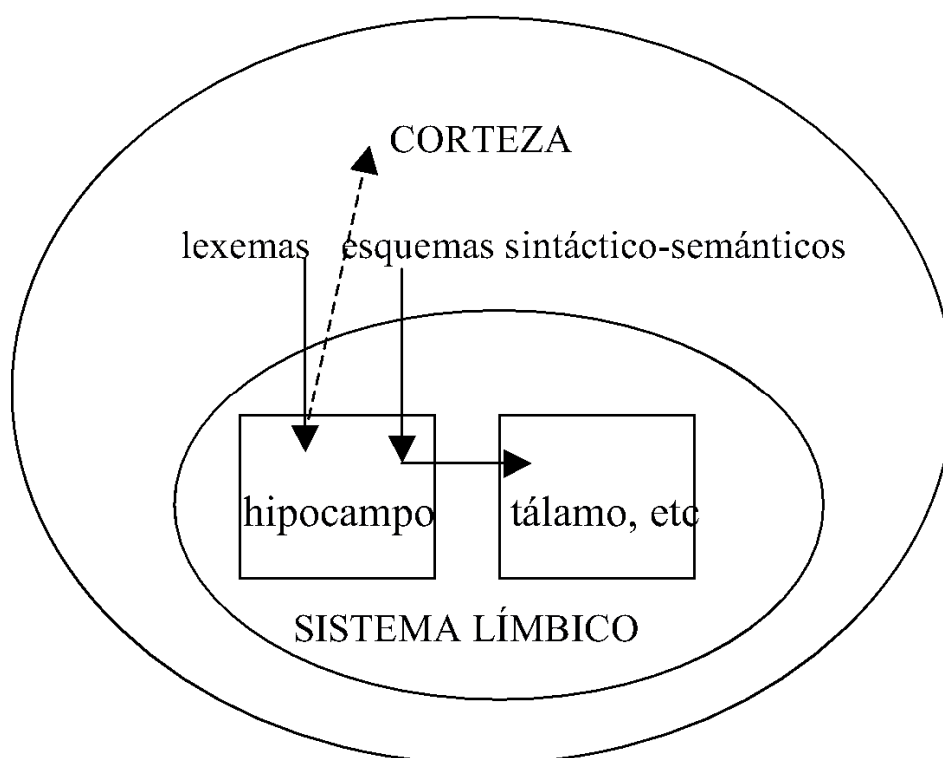
Todos estos datos proceden de investigaciones llevadas a cabo con monos para comprobar el procesamiento de estímulos visuales o sonoros y el almacenamiento memorístico de imágenes visuales o de melodías. Dicha información se ha extrapolado a seres humanos, ya que la experimentación suele dejar impedido al animal. El problema es cómo proceder en el caso de los esquemas sintácticos y de los lexemas que los rellenan. Cuando adquirimos nuestra lengua materna incorporamos mentalmente los esquemas y los lexemas al mismo tiempo. Por ejemplo, la oración *el cartero metió la carta en el buzón* nos suministra un esquema actancial del tipo “Agente--Objeto--Lugar”, un verbo *meter* subcategorizado precisamente como *meter*_{Ag,Obj,Lug} y tres nombres, *cartero*_{Animado}, que es un buen candidato

para ser Agente, *carta*_{inanimado}, que es un buen candidato para ser Objeto, y *buzón*_{lugar para guardar cosas}, que constituye un buen candidato para ser Lugar. Estas subcategorizaciones tienen inicialmente una base contextual referencial, esto es, remiten al córtex visual, al auditivo y al somático, si bien con el tiempo también se establecen de manera cotextual. Toda esta información es procesada por el hipocampo siguiendo etapas similares a las del esquema de arriba y queda almacenada un tiempo en dicho sistema límbico:



Sin embargo, los esquemas y los lexemas no siguen los mismos derroteros en la fase retroactiva. Los lexemas son conocimientos conscientes que requieren un esfuerzo cognitivo para ser recuperados, algo que no siempre se logra o que se logra en distintos grados, según la habilidad del sujeto (compárese la recuperación de un escritor con la de un hablante

cualquiera) o la inspiración de cada momento. Por el contrario, los esquemas son automáticos, los vamos extrayendo del almacén de la memoria conforme los vamos necesitando y además todos los hablantes nativos de una lengua lo hacen de la misma manera. Todos los hispanohablantes poseen el mismo conjunto de esquemas sintáctico-semánticos, el cual ha podido ser inventariado en forma de paradigma (Báez San José, 2002), pero no tienen la misma disponibilidad léxica por lo que respecta a los lexemas. De ahí se infiere que el subiculum retorna la información léxica hasta el neocórtex, donde queda almacenada, pero no la información relativa a los esquemas sintáctico-semánticos. Estos últimos corren la misma suerte que otras habilidades cognitivas o motoras de tipo automático. como ir en bici o reconocer el rostro de los amigos, las cuales son sustentadas por la memoria implícita y se aprenden por condicionamiento de la conducta:



Sin embargo, al confrontar la recuperación de los esquemas sintáctico-semánticos con la de los lexemas se plantea un problema serio. Y es que,

mientras los esquemas se recuperarán en el sistema límbico como opciones dentro de un paradigma finito (más o menos como cuando uno va conduciendo y tiene que optar entre frenar, acelerar, embragar, etc.), los lexemas lo harán en la corteza a base de trazas neurológicas que recomponen un cierto significado, pero que llevan al mismo tiempo a muchos otros. El fundamento químico del aprendizaje por asociación no se ha conocido hasta hace poco. Resumiendo la amplia exposición de LeDoux (2002, ch. 6), diremos que todo depende del juego correlativo de dos tipos de receptores que están presentes en la neurona postsináptica, el AMPA y el NMDA. Los primeros ligan el glutamato liberado por la neurona presináptica, con lo que se produce un potencial de acción que excita la neurona postsináptica. Los segundos están bloqueados por iones de magnesio, pero al producirse el potencial de acción, el magnesio es liberado y ello permite que los iones de calcio inicien una reacción en cadena que partiendo de los receptores de NMDA llega al núcleo de la célula postsináptica, la cual libera ciertas proteínas que incrementan la fuerza de las sinapsis. Estos mecanismos se han investigado para comprender los fundamentos neurobiológicos de la memoria. Sin embargo, para lo que aquí nos interesa, destacaremos que cumplen al mismo tiempo un papel crucial en la *categorización*, pues para construir mentalmente una categoría (y una simple palabra ya lo es), antes necesitamos haber almacenado varios estímulos parecidos en la memoria. Una categoría conceptual es el resultado de abstraer lo que los elementos de un grupo de estímulos tienen en común construyendo así un protoestímulo. Dicho protoestímulo puede ser una imagen visual –la imagen general de lo que es un árbol–, un concepto –la idea de “tiranía”–, una palabra –la palabra *buscar*–, etc. La imagen visual del árbol es el resultado de sucesivas captaciones visuales de árboles concretos: la primera de ellas no produjo una categorización (probablemente se construyó una categoría más amplia que también incluía imágenes de escobas, de arbustos o de cabelleras), pero pronto se llega a ella. Gracias a dichas categorías somos capaces de reconocer lo que estoy viendo como un árbol, la situación que experimento como una muestra de tiranía o los sonidos que escucho como una realización de la palabra *buscar*. En todos estos casos el estímulo fue adquirido junto con un estímulo más fuerte, pero

luego, en ausencia de este, se basta para evocar el contexto en el que aquel se dio. Considérese la siguiente fotografía de una manzana:



¿Por qué sabemos que se trata, efectivamente, de un manzano a pesar de que este árbol y este fruto concretos no los habíamos visto nunca? Probablemente porque, frente a lo que sucede con muchos otros frutos silvestres que vemos sin reparar en ellos cuando paseamos por el campo y cuyos nombres desconocemos, las manzanas han impresionado bastantes veces nuestra retina asociadas a estímulos fuertes a lo largo de nuestra vida: a la madre que nos daba una manzana para merendar, al jardín en el que jugábamos y en el que cogíamos manzanas del suelo, a los estantes del supermercado cuando íbamos de compras, etc. El resultado de todo ello es que las imágenes visuales de manzanas se han reforzado y han quedado grabadas en la memoria como una protoimagen de manzana. La manzana lleva, pues, a madre, a supermercado, a merienda, y lo mismo le sucede a la palabra *manzana*, la cual remite a otros lexemas, de tal manera que son dichas remisiones –específicas de cada persona– las que van guiando su proceso enunciativo, eso sí dentro de un cierto esquema sintáctico-semántico.

Es instructivo observar lo que ha sucedido con la gramática generativa. En el modelo de 1965 se generaban automáticamente secuencias sintácticas formales a las que luego se agregaban significados léxicos en sus nudos terminales. Evidentemente ello se contradecía con el hecho de que la

introducción progresiva de según qué lexemas es una función de los que se han introducido antes y de que no todos los sentidos de una entrada pueden activarse sino, otra vez, sólo los que resultan compatibles con los sentidos activados previamente. Por eso, desde *Aspects of the Theory of Syntax* (Chomsky, 1965) hasta el programa minimalista (Chomsky, 1995), la historia de la gramática generativa ha sido la de ir simplificando la sintaxis al tiempo que se complicaba el componente léxico. Esto lo vio con claridad Báez (1975, 319) cuando escribía hace casi cuarenta años:

Naturalmente, mientras que el estudio estaba dirigido única y exclusivamente a formalizar las reglas combinatorias formales, las contradicciones internas de este unilateral acercamiento al signo lingüístico no eran fáciles de determinar; sin embargo, desde el momento en que se pretendió dotar a estos diagramas ramificados de una interpretación semántica meramente combinatoria, comenzaron las dificultades. En efecto, si la representación sintáctica (sobre todo el llamado subcomponente base, conseguido a través de un conjunto de reglas sintagmáticas) no está motivado semánticamente, ¿cómo es que determinadas unidades significativas pueden entrar en ciertos indicadores sintagmáticos y en otros no? La única posibilidad es admitir la oración, no simplemente como un sintagma, sino como un paradigma complejo que debe ser definido atendiendo a sus elementos obligatorios y al conjunto de elementos que, sin serlo dentro de un paradigma oracional particular, diferencian éste de los demás.

La solución de los generativistas fue la de ir concediendo cada vez mayor presencia al léxico y menos a la sintaxis, reducida a una sola regla de *merge* en *The Minimalist Program* (Chomsky, 1995). Hoy se piensa que las propiedades semánticas de los artículos léxicos determinan en gran medida la estructura sintáctica, pues el léxico *se proyecta* en la sintaxis. Lo cual, para qué vamos a engañarnos, representa una renuncia al postulado sintagmaticista y una aceptación –reticente– del postulado paradigmaticista que propugnaba Báez.

Mas sigue habiendo un problema desde el punto de vista del procesamiento del lenguaje. Una vez que se ha seleccionado un esquema sintáctico-semántico, por ejemplo “alguien anda por algún lugar durante algún tiempo”, y se inicia la secuencia seleccionando *mi primo* en la posición de “alguien”, el hablante no escoge normalmente “cualquier lugar” y “cualquier tiempo”, sino aquellos lexemas que su conocimiento del mundo pone a su disposición para completar la secuencia y que en su mente guardan alguna relación con *mi primo*, de manera que *mi primo anda estos días por Madrid* podría parecer una secuencia esperable, pero *mi primo andaba por Marte en el año 2015 a. J. C.* tan apenas parece creíble. Esto es debido a que, junto a la selección de un esquema sintáctico-semántico extraído de un paradigma finito, se operan *relaciones transversales entre lexemas*, las cuales van tejiendo lo que pudiéramos llamar la *urdimbre léxica* del texto. La cuestión es cómo abordarlas.

Desde que Collins y Quilian (1969) expusieron su famoso modelo de redes semánticas existe acuerdo generalizado sobre la consideración de la memoria conceptual como una red de nudos enlazados por arcos y tal que constituye una proyección (*mapping*) de la red física de las neuronas. Una investigación adecuada de la red neural que subyace a las redes léxicas debería adoptar un formalismo acorde a la estructura de las redes. No estoy usando el término *red* en sentido metafórico. Formalmente una *red* es un sistema de elementos interconectados, llamados *nudos*, mediante relaciones, que se llaman *arcos* o *saltos* (en teoría de grafos los términos equivalentes son *vértice* y *arista* respectivamente). Vivimos en un mundo lleno de redes, aunque la consideración formal de las mismas sólo se remonta a la resolución matemática del problema del puente de Königsberg por Euler en 1735. Entre las redes más habituales en nuestra vida se cuentan redes informativas, como las de los ordenadores conectados a Internet, redes energéticas como las del sistema eléctrico, redes ecológicas como la establecida entre las especies animales y sus mutuas relaciones de depredación, redes biológicas como la de los genes o la de las neuronas y, naturalmente, redes lingüísticas. Entre estas últimas se cuentan las redes sintácticas y las redes léxicas (de sinonimia, hiperonimia, etc.), por más que unas y otras suelen actuar conjuntamente en el sistema de colocaciones.

La parte de las Matemáticas que se ocupa de las redes es la teoría de grafos. La Lingüística no ha sido ajena a los progresos de la misma, pero sólo en su primera fase. En los años sesenta del pasado siglo, cuando la gramática estratificacional (Lamb, 1966) y el I.C. Analysis utilizaban los árboles –que son grafos orientados sin circuitos– como procedimiento habitual de representación de las relaciones lingüísticas, hubo algún autor que se preocupó de teorizar dicho sustento formal (Zierer, 1974). Sin embargo, la evolución de estas corrientes en el sentido de simplificar enormemente las relaciones sintácticas (Chomsky, 1995), por un lado, y, por otro, la evolución de la teoría de grafos, que ha descubierto nuevas estructuras aparentemente ajenas a la cognición y al lenguaje, han determinado que en el momento presente exista una desconexión absoluta entre ambos campos. Hasta tal extremo llega el divorcio que en la extensa bibliografía sobre redes lingüísticas que recoge Ferrer i Cancho (2010) para el periodo 2001–2010, no hay ni una sola referencia que esté firmada por un lingüista (!).

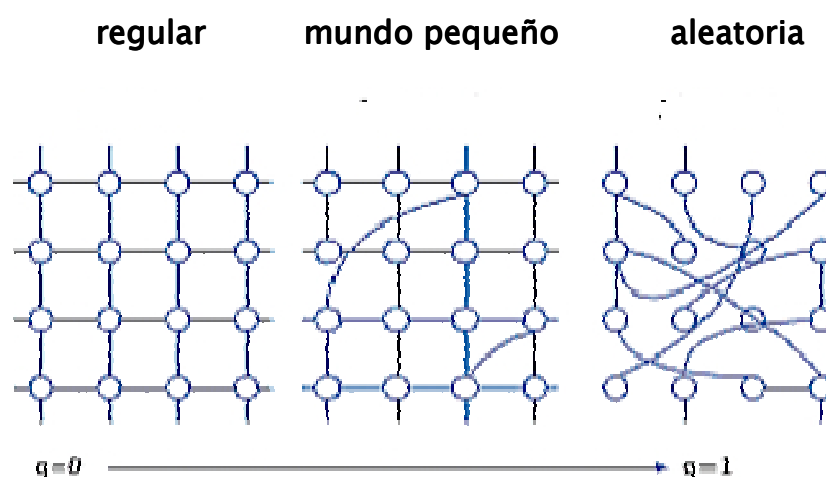
Sin embargo, hay un hecho incontrovertible que en el siglo XXI es de obligado reconocimiento para cualquier lingüista: *Los hechos del lenguaje se construyen a base de redes sinápticas y sus leyes son las del cerebro sin más*. En la realidad del procesamiento del lenguaje no hay nada parecido a un esquema sintáctico cuyos nudos terminales son ocupados por lexemas. Los habituales diagramas arbóreos son *grafos regulares* que representan de manera bastante conveniente lo que sabemos de los enunciados –es decir, nuestra conciencia metalingüística relativa a los mismos–, pero no cómo se dan estos enunciados en el cerebro del hablante que los crea y del oyente que los interpreta. En este sentido, casi toda la historia de la gramática se basa en un malentendido. No habla del lenguaje, sino de la conciencia metalingüística, de manera parecida a como las religiones no dan cuenta de la vida sobrenatural, sino de lo que los seres humanos han pensado del más allá.

El cerebro funciona a base de *redes complejas*. Este tipo de grafo fue estudiado hace medio siglo y representa un grado intermedio de organización, entre *la red regular* y *la red aleatoria*. En la red regular las relaciones se ajustan a una ley fija: por ejemplo en un hexaedro cada vértice se relaciona con tres vértices contiguos a través de las aristas. En sintaxis (o,

mejor dicho, en la conciencia metalingüística de la sintaxis) tenemos un tipo de grafos llamados *árboles* que también son redes regulares. Por el contrario, las redes aleatorias, descubiertas por Erdős y Renyi (1959), se construyen a partir de un conjunto de elementos no conectados al que se van añadiendo al azar conexiones entre cada par de elementos. Suponiendo que la conectividad media es K , cada elemento tendrá un promedio de K vecinos, cada uno de estos se conectará a su vez con otros K vecinos, lo que da K^2 conexiones y así sucesivamente. El resultado es lo que se llama un *mundo pequeño* (*small world*): cualquier elemento del conjunto puede alcanzarse en muy pocos saltos, normalmente una media docena (si $K=10$ y suponemos que la conexión equivale a la propagación de un rumor, cuando cada persona conoce a otras diez, en seis saltos el rumor habrá llegado a un millón de personas, 10^6). Si la probabilidad de que se establezcan conexiones ($p=1/K$) es baja, será de esperar que muchos elementos estén desconectados y que la red se descomponga en una serie de pequeños subgrafos. El paso de una a otra se produce teóricamente de manera gradual. Curiosamente, sin embargo, en la vida natural y social el paso de la red poco conectada a la red muy conectada no es gradual. A partir de cierto umbral crítico, llamado *umbral de percolación*, se pasa bruscamente –esto es de manera catastrófica (López García, 2010b)– de un mundo disgregado en pequeños subgrafos a un mundo con un sistema complejo que ha aparecido como una emergencia.

¿Qué tiene que ver esto con las neuronas del cerebro y, por la misma razón, con el lenguaje y las relaciones sociales que permite establecer? Para comprenderlo hay que mencionar una modificación de la red aleatoria de Erdős y Renyi propuesta por Watts y Strogatz (1998). Si se consideran las dos redes de arriba, se advertirá que sólo responden medianamente a las condiciones del lenguaje: la red aleatoria poco conectada no da cuenta del hecho de que, si bien es cierto que al hablar sólo nos relacionamos con otra persona o con un pequeño grupo, sin embargo eso que llamamos una lengua –español, catalán, inglés– es un sistema teóricamente compartido por millones de personas. Pero partiendo de este supuesto, tal y como lo representa la red regular, tampoco daríamos cuenta del hecho de que los lazos conversacionales se producen en forma de numerosos dobletes o triplete. Pues bien, Watts y Strogatz observaron que cuando en una red regular se recablea un pequeño número de conexiones, se llega en seguida

al efecto de *mundo pequeño*, al tiempo que la conectividad del sistema sigue siendo muy alta:



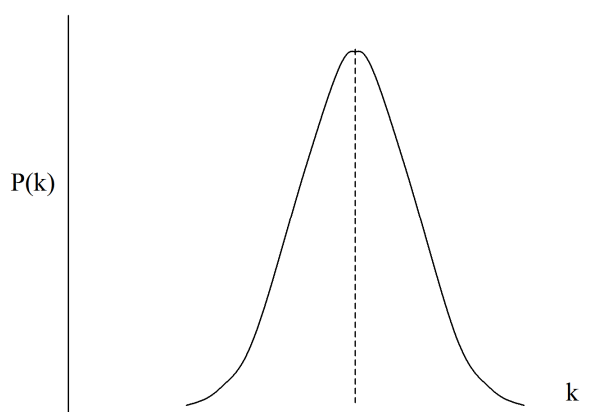
Esto es exactamente lo que ocurre en el lenguaje (López, Montaner, Morant y Pruñonosa, 2010). El léxico de una lengua no es una red regular como quieren hacernos creer las elaboraciones metalingüísticas, técnicas o informales, con las que se la suele abordar. Pero tampoco es una red enteramente aleatoria. Gracias a ciertos *atajos* (reconexiones) podemos pasar rápidamente de unos sentidos a otros y de unos usuarios a otros. Por eso comprendemos lo que se nos está diciendo, aunque tan sólo prestemos atención a unos pocos elementos del discurso, y por eso las lenguas son los elementos fundamentales de la cohesión social, pues gracias a ellas se pueden compartir creencias e informaciones a través de un reducido número de intermediarios.

Las redes, ya sean regulares, aleatorias o *redes de mundo pequeño* (*small world networks*) se definen por tres conceptos estadísticos (López García, 2010c):

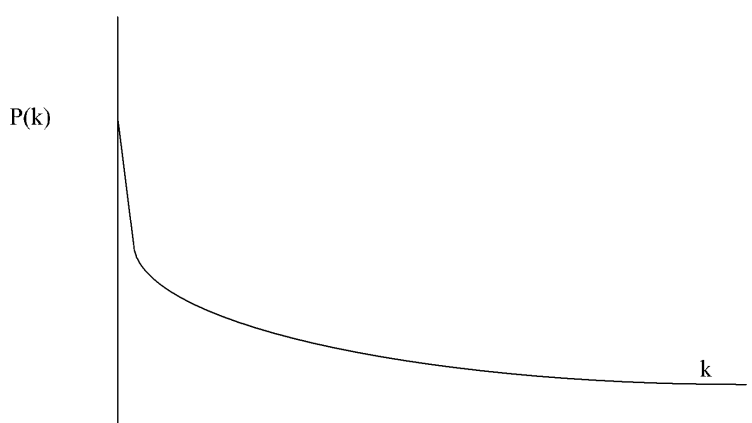
- 1) L o *average path length* (*longitud del recorrido medio*). En una red la distancia d_{ij} entre los nudos i, j se define como el número de nudos que hay a lo largo del paso más corto entre ellos; el diámetro D es la máxima distancia. La longitud de recorrido medio L es la distancia media y determina el tamaño efectivo de la red;
- 2) C o *clustering coefficient* (coeficiente de agrupamiento) es la fracción media de pares de vecinos de un nudo que son también vecinos entre sí, es decir, es un índice de transitividad. El C_i de un nudo i es la razón entre el número de conexiones que existen entre los k_i nudos y el número total de conexiones posibles $k_i(k_i-1)/2$. Dicho $C \leq 1$, y $C = 1$ cuando todos los nudos están conectados.
- 3) $\langle k \rangle$ o *average degree* (grado medio). El k_i de un nudo i es su número de conexiones y la media de los k_i es el $\langle k \rangle$. Existe una función de distribución $P(k)$ que expresa la probabilidad de que un nudo elegido al azar tenga exactamente k conexiones.

En general, las mallas regulares (*regular lattices*) presentan agrupamiento, pero tan apenas manifiestan el efecto de mundo pequeño, pues L es alta. Por el contrario, las redes aleatorias presentan el efecto de mundo pequeño, por lo que L es baja, pero tienen escaso índice de agrupamiento. Esto es debido a que C y L son altos en las primeras y bajos en las segundas, si bien en las redes de mundo pequeño aparecen muchos más agrupamientos (tripletas, cuatripletas, etc.) de lo que cabría esperar en una red obtenida al azar.

Otro parámetro que caracteriza a estas redes es $\langle k \rangle$. En las mallas regulares todos los nudos tienen la misma probabilidad de estar conectados, lo que conduce a la distribución delta de Dirac. En las redes aleatorias, tanto en las aleatorias puras como en muchas de mundo pequeño, aparece la distribución de Poisson, con unos pocos nudos con la probabilidad media $\langle k \rangle$ y todos los demás alejándose rápidamente a un lado y a otro del punto de singularidad. Se trata de una red exponencial:



En estas redes la distribución de la conectividad reticular es homogénea, con un máximo en el valor medio. Pero también se ha descubierto (Barabási y Albert, 1999) que algunas redes complejas, tanto biológicas (procesos metabólicos) como tecnológicas (Internet) son libres de escala (*scale-free*) y la distribución de la conectividad tiene la forma de una ley potencial (*power-law form*). Esto quiere decir que hay *scaling* (cambios de escala) y que, junto a nudos que se ajustan a una cierta ley de conectividad, aparecen unos pocos nudos con una conectividad mucho más alta, según se puede apreciar cuando se compara un mapa de carreteras (sin *scaling*) con el mapa de enlaces aéreos de un país en el que hay unos pocos aeropuertos que funcionan como *hubs* donde se centralizan casi todos los vuelos:



Lo interesante es que los textos lingüísticos, a juzgar por el análisis de pequeñas muestras textuales (Ferrer i Cancho & Solé, 2001), se encuentran entre estos últimos fenómenos, algo que conocemos desde que Zipf formuló

la ley que lleva su nombre, pero que últimamente ha cobrado un sentido especial cuando lo relacionamos con otras redes complejas que siguen igualmente leyes potenciales y presentan cambios de escala (Xiao y Guanrong, 2003):

Red	Tamaño	Coeficiente de agrupamiento	Longitud conexiones	Grado exp.
Internet.domin	3271	0,24	3,56	2,1
Internet router	228298	0,03	9,51	2,1
WWW	153127	0,11	3,1	2,1 / 2,45
E-mail	56969	0,03	4,95	1,81
Software	1376	0,06	6,39	2,5
Circuito elect.	329	0,34	3,17	2,5
Textos ling.	460902	0,437	2,67	2,7
Actores cine	225226	0,79	3,65	2,3
Coaut. Mat.	70975	0,59	9,50	2,5
Web aliment.	154	0,15	3,40	1,13
Sist. metab.	778	–	3,2	2,2

Como se puede ver, los textos lingüísticos (y otras relaciones humanas que presuponen el lenguaje: la participación en películas o la coautoría de artículos) destacan de entre todas las demás redes por su elevado coeficiente de agrupamiento, mientras que permanecen en valores medios tanto por la longitud de las conexiones como por el grado exponencial. En cualquier caso, la co-ocurrencia de palabras en las oraciones se basa en que el léxico presenta una estructura reticular sostenida por las sinapsis neuronales del cerebro (Edelman y Tononi, 2002, chap.17). Las redes de palabras deben de

tener propiedades de mundo pequeño, lo cual facilita enormemente la comunicación, pues, a pesar de la gran cantidad de palabras que almacenamos en la memoria, cualquier término puede ser alcanzado con muy pocas etapas intermedias. Además, se supone que el lenguaje es una red libre de escala, por lo que hay ciertos términos muy frecuentes que tienden a enlazar a los demás y sólo la pérdida de uno de estos nudos (*hubs*) afecta realmente al sistema, mientras que la de los otros lo deja inalterado (es lo que se llama *robustez*).

Estas dos características estructurales, el paradigma de los esquemas sintáctico-semánticos alojado en el sistema límbico y las redes de mundo pequeño constituidas por relaciones léxicas que se ubican en la corteza, forman así dos complementos neuronales que se apoyan mutuamente y tales que la verosimilitud de una de ellas redundaba en beneficio de la otra y al contrario. Que esto es así parecen confirmarlo también ciertas pruebas psicolingüísticas realizadas por especialistas en traducción. Mediante la técnica psicolingüística del pensamiento explicitado (*thinking aloud*) de Ericsson y Simon (1993), Krings pidió a traductores no profesionales, primero (Krings, 1986), y a traductores profesionales, después (Krings, 1988), que verbalizaran todos los pensamientos que acudían a su mente mientras se enfrentaban a un texto que iban a traducir. La conclusión a la que llegó es que, si bien los no profesionales procedían linealmente desde el principio hasta el final del texto mientras que los profesionales solían echar vistazos globales yendo constantemente hacia adelante y hacia atrás, por lo que respecta a los componentes lingüísticos los dos grupos actuaban de la misma manera: casi todo el proceso de traducción consiste en reconocer elementos léxicos y establecer relaciones entre ellos, mientras que los esquemas sintácticos se automatizan rápidamente y desaparecen de la conciencia. Es evidente que este tipo de conducta sólo puede explicarse si el léxico está ubicado en la corteza, que es donde se establecen redes neurales relativamente flexibles (las redes de mundo pequeño), en tanto los esquemas sintáctico-semánticos se albergan en compartimentos del sistema límbico escasamente accesibles a la introspección y altamente automatizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez San José, Valerio (1975): *Introducción crítica a la gramática generativa*, Barcelona, Planeta.
- Báez San José, Valerio (2002): *Desde el Hablar a la Lengua. Prolegómenos a una teoría de la sintaxis y la semántica textual y oracional*, Málaga, Ágora.
- Báez San José, Valerio (2007a): "Los modificadores localizadores de la relación ((sintagma nominal) sintagma adjetival) y su ulterior determinación por un sistema de partículas", *Vernetzungen: Bedeutung im Wort, Satz und Text*, vol. I, Frankfurt, Peter Lang, pp. 27-40.
- Báez San José, Valerio (2007b): "Modificación del enunciado mediante un sistema de partículas", *Lorenzo Hervás. Documentos de Trabajo del Departamento de Humanidades 1: Universidad Carlos III de Madrid*, 4
- Báez San José, Marciana Loma-Osorio Fontecha y Guillermo Fernández Rodríguez-Escalona (2009): "Diccionario sistemático de los determinadores temporales en español y sus correlatos ingleses", *Estudios de Lingüística del Español*, 29, Barcelona, UAB.
- Barabási, Albert & Albert, Réka (1999): "Emergence of scaling in random networks", *Science*, 286, 509-512.
- Chomsky, Noam (1965): *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge, MIT.
- Chomsky, Noam (1995): *The Minimalist Program*, Cambridge, MIT.
- Collins, Allan M. & Quillian, M. R. (1969): "Retrieval time from semantic memory",
- Dudai, Yadin (1989): *The Neurobiology of Memory: Concepts, Findings, Trends*, Oxford University Press.
- Edelman, Gerald & Tononi, Giulio (2002): *A Universe of Consciousness. How matter becomes imagination*, New York, Basic Books.
- Erdős, Paul & Rényi, Alfred (1959): "On Random Graphs", *Publicationes Mathematicae*, 6, 290-297.
- Ericsson, Anders & Simon, Herbert (1993): *Protocol Analysis. Verbal Reports as Data*, Cambridge, MIT.
- Ferrer i Cancho, Ramon & Solé, Ricard (2001): "The small world of human language", *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 268, 2261-2265.

-
- Ferrer i Cancho, Ramon (2010): *Bibliography on Linguistic and Cognitive Networks*, www.lsi.upc.edu
- Krings, Hans (1986): *Was in den Köpfen von Übersetzern vorgeht. Eine empirische Untersuchung zur Struktur des Übersetzungsprozesses an fortgeschrittenen Französischlernern*, Tübingen, Gunter Narr.
- Krings, Hans (1988): "Blick in die *Black Box* - Eine Fallstudie zum Übersetzungsprozess bei Berufsübersetzern", in R. Arntz (Hrsg.), *Textlinguistik und Fachsprache. Akten des internationalen überetzungswissenschaftlichen AILA-Symposions*, Hildesheim, Olms, 393-412.
- Lamb, Sidney (1966): *Outline of stratificational grammar*, Washington D. C., Georgetown University Press.
- LeDoux, Joseph (2002): *Synaptic Self. How Our Brains Become Who We Are*, New York, Penguin.
- López García, Ángel (1980): *Para una gramática liminar*, Madrid, Cátedra.
- López García, Ángel (2007): *The neural basis of language*, München, Lincom Europa.
- López García, Ángel (2010a): "Neurolingüística de la interfaz léxico-sintaxis", en J. F. Val Álvaro y M. Carmen Horno Chéliz (eds.), *La gramática del sentido: Léxico y Sintaxis en la encrucijada*, Zaragoza, PUZ, 49-75.
- López García, Ángel (2010b): "Catastrophes: What are we talking about?", en W. Wildgen & P. A. Brandt (eds.), *Semiosis and Catastrophes*, Bern, Peter Lang, 127-141.
- López García, Ángel (2010c): "Pluricentrism as a point in a scale", *Proceedings of the International Conference on Pluricentric Languages*, Braga, Catholic University of Braga.
- López García, Ángel, Amparo Montaner, Ricardo Morant y Manuel Prunyonosa (2010): "Research on first and second language cognition may benefit from small-world network methodology", *Forum*, 8-2, 267-277.
- Martin, Alex *et alii* (1995): "Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action", *Science*, 270, 102-105.
- Mesulam, Marsel (1990): "Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory", *Annals of Neurology*, 28, 597-613.
- Monneret, Philippe (2003): *Notions de Neurolinguistique théorique*, Dijon, Éditions
-

Universitaires de Dijon.

Natsopoulos, Dimitris *et alii* (1993): "Algorithmic and heuristic strategies in comprehension of complement clauses by patients with Parkinson's disease", *Neuropsychologia*, 31, 951–964.

Popper, Karl (1962): *The logic of scientific discovery*, London, Hutchinson & Co.

Rumelhart, David E. and others (1986): *Parallel distributed processing*, Cambridge, MIT.

Watts, Duncan & Strogatz, Steven (1998): "Collective dynamics of 'small world' networks", *Nature*, 393, 440–442.

Xiao, Fan Wang & Guanrong, Chen (2003): "Complex Networks: Small World, Scale-Free and Beyond", *IEEE Circuits and Systems Magazine*, first quarter 2003.

Zierer, Ernesto (1974): *The Theory of Graphs in Linguistics*, The Hague, Mouton.